

RESPONS DAN ADAPTASI IKAN TERI (*Stolephorus* sp.) TERHADAP LAMPU *LIGHT EMITTING DIODE* (LED)

*Response and Adaptation of Anchovy (*Stolephorus* sp.)
to Light Emitting Diode (LED) Lamp*

Oleh:

Adi Susanto^{1*}, Aristi Dian Purnama Fitri², Yuhelsa Putra³, Heri Susanto⁴, Tuti Alawiyah²

¹ Program Studi Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

² Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

³ Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

* Korespondensi: adisusanto@untirta.ac.id

Diterima: 11 Agustus 2016; Disetujui: 18 November 2016

ABSTRACT

*Innovation of LED lamp are encouraged the research and development to obtain effective and eco-friendly fishing lamp. However, information about response, behaviour and retina adaptation of main target species to LED light are still limited. Meanwhile, this information is a key to determining intensity of effective LED light for fishing operation. The aims of this study are to determine response and retina adaptation of anchovy (*Stolephorus* sp.) to different LED colour. This research was performed to the anchovies with total length 4.80-6.10 cm, which were acclimated in the fish tank. Fish response was observed visually and recorded by video camera. Retina adaptation was analysed by using histology method through pigment and cone index at light zone respectively. The results showed the fish response to white LED 3.4 times was faster than blue LED. However times duration of anchovy at the lighting area was 1.8 times longer in the area of blue lighting. The anchovies were more responsive to white LED (p value= 0.0033) with the average number of fish was 45 individuals. White LED with illumination between 42-96 lux was the optimal illumination for fishing operation which can reach the highest cone index about 64-73%.*

Keywords: cone index, effectiveness, fishing, illumination

ABSTRAK

Penemuan lampu LED mendorong berkembangnya penelitian untuk menghasilkan *fishing lamp* yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Namun informasi tentang respons, tingkah laku dan adaptasi retina mata ikan target tangkapan terhadap cahaya lampu LED masih terbatas. Pada dasarnya, informasi tersebut menjadi kunci dalam penentuan intensitas cahaya lampu LED yang efektif untuk penangkapan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan respons dan adaptasi retina mata ikan teri (*Stolephorus* sp.) terhadap lampu LED dengan warna berbeda. Penelitian menggunakan ikan teri dengan panjang total antara 4,80-6,10 cm yang telah melalui proses aklimatisasi dalam bak penampungan. Pengamatan terhadap respons ikan teri dilakukan secara visual dan direkam dengan video kamera. Adaptasi retina mata ikan teri diamati berdasarkan hasil histologi dengan melihat nilai indeks pigmen dan indeks kon pada masing-masing zona pencahayaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan teri 3,4 kali lebih cepat merespons lampu LED putih dibandingkan terhadap lampu LED biru. Namun ikan teri bertahan 1,8 kali lebih lama di area pencahayaan warna biru. Ikan teri lebih memberikan respons yang lebih baik pada LED putih (p value= 0,0033) dengan rata-rata jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan sebanyak 45

ekor. Lampu LED warna putih dengan iluminasi cahaya antara 42-96 lux merupakan lampu paling ideal untuk penangkapan teri karena menghasilkan adaptasi sel kon paling tinggi dengan indeks kon antara 64-73%.

Kata kunci: indeks kon, efektivitas, penangkapan, iluminasi

PENDAHULUAN

Penggunaan cahaya sebagai alat bantu penangkapan ikan mengalami perkembangan pesat sejak ditemukannya lampu listrik (lampu merkuri, halogen, *fluorescent* dan metal halide) yang memiliki iluminasi cahaya lebih tinggi dibandingkan lampu petromaks (Sudirman dan Musbir 2009; Wisudo *et al.* 2002). Introduksi teknologi lampu tersebut mampu meningkatkan produktivitas dan efektivitas penangkapan sehingga berdampak pada perkembangan perikanan lampu (*light fishing*) di dunia. Meskipun demikian, penggunaan lampu listrik tersebut juga memberikan dampak negatif antara lain konsumsi BBM tinggi, tidak efisien dalam penggunaan energi, menghasilkan radiasi panas dan sinar UV yang merugikan bagi manusia serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pencemaran udara (Inada dan Arimoto 2007; Choi *et al.* 2009; Matsushita and Yamashita 2012; Matsushita *et al.* 2012; Shen *et al.* 2013; Hua and Xing 2013). Berbagai kelemahan tersebut mendorong berkembangnya penelitian untuk menghasilkan lampu penangkapan ikan (*fishing lamp*) yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Teknologi lampu *light emitting diode* (LED) merupakan jawaban terhadap kebutuhan *fishing lamp* ideal untuk aktivitas penangkapan ikan. Lampu LED dapat diproduksi sesuai dengan panjang gelombang dan level energi tertentu sehingga penggunaannya lebih efisien sesuai dengan target tangkapan (Shin *et al.* 2012). Selain itu, lampu LED juga memiliki umur teknis yang lama, dapat menyala pada tegangan rendah serta ramah lingkungan (McHenry *et al.* 2014; Lai *et al.* 2015). Ujicoba penangkapan menggunakan lampu LED pada perikanan skala industri (*squid jigging* dan *pacific saury*) mampu meningkatkan hasil tangkapan, menghemat konsumsi BBM, menurunkan emisi CO₂ dan meningkatkan potensi keuntungan bersih secara signifikan (Matsushita and Yamashita 2012; Matsushita *et al.* 2012; Hua and Xing 2013; Park *et al.* 2015). Meskipun demikian, hingga saat ini belum tersedia lampu LED yang didesain khusus untuk tujuan penangkapan, baik untuk perikanan skala kecil maupun industri.

Ikan teri (*Stolephorus* sp.) merupakan komoditas perikanan ekonomis penting yang ditangkap menggunakan teknologi penang-

kapan dengan alat bantu cahaya, seperti bagan tancap, bagan apung, bagan perahu dan pa-yang. Penggunaan cahaya pada penangkapan ikan teri mengalami perkembangan pesat dengan jenis dan kekuatan lampu yang beragam. Namun sebagian besar lampu yang digunakan adalah berwarna putih dari jenis *fluorescent* karena harganya terjangkau, mudah diperoleh dan cukup efektif untuk menarik perhatian ikan teri. Adanya asumsi bahwa semakin besar intensitas cahaya yang digunakan akan meningkatkan hasil tangkapan mendorong nelayan menggunakan lampu dalam jumlah banyak dan konsumsi energi yang tinggi. Padahal setiap jenis ikan memiliki kemampuan adaptasi dan respons yang berbeda terhadap intensitas, warna dan panjang gelombang yang diterima (Choi *et al.* 2009; Kondrashev *et al.* 2012; Jeong *et al.* 2013).

Lampu LED mampu memancarkan gelombang monokromatik sehingga dapat menghasilkan lampu dengan warna tunggal. Cahaya warna biru memiliki kemampuan menembus perairan yang lebih baik dibandingkan warna putih (Ben-Yami 1976) sehingga dengan intensitas yang sama penetrasi cahayanya akan mencapai perairan yang lebih dalam. Keunggulan tersebut memungkinkan penggunaan lampu LED biru untuk penangkapan ikan. Namun demikian, respons dan adaptasi retina ikan teri terhadap cahaya lampu LED putih dan biru perlu dikaji lebih mendalam sehingga dapat digunakan untuk menentukan intensitas optimum dalam kegiatan penangkapan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan respons dan adaptasi retina mata ikan teri terhadap warna lampu LED yang berbeda untuk digunakan pada pengembangan *fishing lamp* yang efektif dan ramah lingkungan.

METODE

Pengamatan respons dan tingkah laku ikan teri terhadap cahaya lampu LED dilakukan di Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (LPWP) di Jepara Jawa Tengah pada bulan Mei hingga September 2015. Proses histologi dilakukan di Laboratorium Rumah Sakit Karyadi Semarang dan pengamatan hasil histologi dilaksanakan di Laboratorium Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.

Ikan teri hitam (*Stolephorus* sp.) yang digunakan diperoleh dari hasil tangkapan bagan tancap nelayan di perairan Jepara yang telah mengalami proses aklimatisasi sebelum dilaksanakan pengamatan. Setelah ikan teri tertangkap pada jaring bagan, ikan selanjutnya dipindahkan ke dalam boks *styrofoam* yang telah dilengkapi dengan aerator agar ikan tetap hidup hingga sampai ke laboratorium. Ikan dipindahkan ke bak pemeliharaan dengan ukuran panjang 169 cm dan lebar 126 cm yang telah dipersiapkan dengan parameter kualitas air yang sesuai dengan kondisi habitat aslinya. Panjang total ikan teri diukur menggunakan *measuring board* dengan ketelitian 1 mm. Pengukuran suhu dilakukan dengan termometer, salinitas dengan refraktometer dan oksigen terlarut dengan DO meter. Parameter kualitas air pada bak pemeliharaan dan pengamatan dibuat sama dengan kisaran suhu 28-29 °C, salinitas 33-34 psu dan oksigen terlarut 7,1-8,2 mg/l.

Sebelum digunakan dalam penelitian, ikan diaklimatisasi dalam bak penampungan. Setelah 3 hari dalam bak penampungan, ikan telah layak digunakan dalam pengamatan yang ditandai dengan aktivitas renang aktif, memberikan respons terhadap rangsangan cahaya serta memakan pakan alami yang diberikan. Setiap ulangan menggunakan ikan teri yang sama.

Sumber cahaya yang digunakan dalam penelitian berasal dari lampu LED 3 watt tipe *bulb* dengan warna berbeda yaitu putih (merk Troy, 130-220 V, 250 lumens) dan biru (merk Troy, 130-220 V, 180 lumens). Pengukuran intensitas cahaya di medium air dilakukan menggunakan *underwater lux meter* (LUW 1000 D) dengan ketelitian 1 lux. Pada setiap zona pengamatan horizontal, intensitas cahaya diukur pada pusat lingkaran dan sisi terluar lingkaran. Pada zona vertikal, intensitas cahaya diukur pada batas atas dan batas bawah tiap kedalaman. Selanjutnya data yang diperoleh pada setiap zona horizontal dan vertikal diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata intensitas cahaya pada setiap zona seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Daya 3 watt dipilih karena wadah penelitian memiliki volume air yang terbatas sehingga intensitas cahaya yang dipancarkan dari lampu tersebut sudah cukup efektif menjangkau hingga dasar bak pengamatan. Warna putih dipilih karena banyak digunakan oleh nelayan untuk penangkapan ikan teri menggunakan bagan tancap, bagan apung maupun bagan perahu. Sementara itu, lampu warna biru digunakan karena warna ini memiliki kemampuan penetrasi di medium air yang lebih

baik dibandingkan warna lainnya (Ben-Yami 1976; Loupatty 2012). Lampu LED biru juga sudah tersedia dan mudah ditemukan sehingga dapat menjadi alternatif bagi nelayan. Wadah pengamatan berupa bak dengan panjang 319 cm, lebar 168 cm dan tinggi 126 cm yang dilengkapi dengan sistem aerasi untuk mensuplai oksigen. Wadah percobaan diisi air laut dengan ketinggian 80 cm dan parameter kualitas airnya dijaga untuk kepentingan pengamatan.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dan terbagi dalam dua tahapan utama yaitu pengamatan respons dan tingkah laku ikan yang dilakukan secara deskriptif dan adaptasi retina mata ikan yang dianalisis dengan metode histologi. Lampu LED dipasang pada tudung berbentuk lingkaran (diameter luar 20 cm) dengan jarak 30 cm dari permukaan air sehingga cahaya yang menembus ke dalam air menyebar mengikuti bentuk tudung. Posisi pemasangan lampu dilakukan pada jarak 1 meter pada sisi kanan bak pengamatan seperti disajikan pada Gambar 1. Percobaan pendahuluan dilakukan untuk menentukan pola sebaran cahaya lampu LED secara vertikal dan horizontal sehingga diperoleh tiga zona perubahan intensitas cahaya pada bak pengamatan. Setiap zona kemudian ditandai pada bak pengamatan sehingga memudahkan dalam melakukan analisis respons dan tingkah laku ikan yang terjadi.

Secara horizontal, zona pengamatan dibagi berdasarkan diameter cahaya yang terbentuk pada saat lampu dinyalakan. Pembagian zona dilakukan berdasarkan nilai intensitas cahayanya yaitu intensitas tinggi (Zona 1), sedang (Zona 2) dan rendah (Zona 3). Perbedaan intensitas tersebut dapat diamati secara visual pada saat penelitian. Zona 1 merupakan wilayah sebaran cahaya dengan diameter 0-30 cm, Zona 2 dengan diameter 31-115 cm dan Zona 3 dengan diameter 116-144 cm. Sebaran cahaya secara vertikal juga dibagi menjadi tiga zona kedalaman yaitu permukaan (D1) dengan kedalaman 0-26 cm, kolom (D2) pada kedalaman 27-53 cm dan dasar (D3) pada kedalaman 54-80 cm seperti disajikan pada Gambar 1. Iluminasi cahaya tertinggi terdapat pada kedalaman 0-10 cm yaitu 74 lux untuk lampu warna biru dan 373 lux untuk lampu warna putih. Sebaran intensitas cahaya pada setiap zona pengamatan disajikan pada Tabel 1. Pengamatan tingkah laku ikan dilakukan secara visual dan direkam menggunakan video kamera (Canon G12) yang dipasang pada ketinggian 1,50 meter dari permukaan air dan hasilnya dianalisis lebih detail pasca perlakuan. Jenis respons yang

diamati antara lain waktu pertama kali ikan mendekati sumber cahaya, durasi ikan berkumpul, pola dan tingkah ikan ketika mendekati sumber cahaya serta jumlah ikan yang berkumpul pada setiap zona.

Penelitian dilakukan pada malam hari antara pukul 19.00-22.00 WIB, dengan satu kali ulangan dan satu set perlakuan setiap harinya. Sebelum pengamatan dilakukan, ikan yang telah berada dalam bak perlakuan dikondisikan dalam keadaan tanpa cahaya selama satu jam. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan seluruh mata ikan teri dalam kondisi *scotopic* sehingga setiap individu berada dalam kondisi awal yang sama (Matsui *et al.* 2016). Selanjutnya lampu putih dinyalakan selama 30 menit. Waktu berkumpulnya ikan disetiap zona dicatat sepanjang pengamatan sedangkan jumlah ikan yang berkumpul pada setiap zona dicatat setiap 5 menit. Tingkah laku dan respons ikan diamati selama perlakuan berlangsung. Durasi respons diamati dengan menghitung lamanya gerombolan ikan berada di area pencahayaan baik secara langsung dan dengan analisis hasil rekaman video. Setelah 30 menit lampu dimatikan dan ikan kembali dibiarkan dalam kondisi tanpa cahaya selama satu jam untuk perlakuan berikutnya. Kemudian lampu biru dinyalakan dan dilakukan pengamatan dengan prosedur yang sama. Pengamatan diulang pada hari berikutnya hingga didapatkan tiga kali ulangan. Lama waktu pengamatan disajikan pada Gambar 2.

Pada hari ketiga dilakukan pengambilan sampel ikan teri setelah pengamatan selama 30 menit untuk menganalisis adaptasi retina mata ikan secara histologi dengan metode pewarnaan hematoxylin-eosin. Sampel masing-masing satu ekor diambil secara acak terhadap ikan yang berkumpul di permukaan pada Zona 1, Zona 2 dan Zona 3 untuk masing-masing warna lampu LED. Ikan selanjutnya ditusuk menggunakan jarum pada medula oblongata di bagian kepala dan kemudian matanya diambil serta diproses berdasarkan metode histologi hingga diperoleh preparat retina mata ikan yang dapat diamati dengan mikroskop. Hasil foto retina mata ikan selanjutnya dianalisis untuk menentukan tingkat adaptasi retina mata ikan teri pada masing-masing zona dan warna lampu yang berbeda.

Data dianalisis secara deskriptif dan dilakukan uji-t untuk menentukan ada tidaknya pengaruh perbedaan warna lampu LED terhadap respons ikan teri selama pengamatan. Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk grafik yang dilengkapi dengan \pm *standard error* dari rata-rata setiap perlakuan. Adaptasi retina mata ikan dianalisis berdasarkan nilai

indeks pigmen dan indeks kon dengan ilustrasi seperti pada Gambar 3 dan formula sebagai berikut (Arimoto *et al.* 2010).

$$C = \frac{c}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$P = \frac{p}{A} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

C : indeks kon

c : posisi sel kon

A : ketebalan lapisan sel visual

P : indeks pigmen

p : posisi lapisan pigmen

HASIL

Kecepatan dan Durasi Respons

Kecepatan respons adalah waktu yang diperlukan oleh ikan teri saat pertama kali berkumpul atau mendekati sumber cahaya. Durasi respons adalah lama waktu ikan teri berkumpul di area pencahayaan selama penelitian. Semakin cepat cahaya direspons oleh ikan mengindikasikan bahwa jenis cahaya tersebut menarik perhatian ikan untuk mendekat. Gambar 4 menunjukkan ikan teri memberikan respons mendekati cahaya lebih cepat pada cahaya warna putih dibandingkan dengan warna biru. Pada lampu LED putih, ikan teri berenang dan berkumpul pada zona 3 dalam waktu 46 detik setelah lampu dinyalakan sedangkan pada LED biru ikan teri memberikan respons yang sama setelah 156 detik sejak lampu pertama kali dinyalakan. Meskipun demikian, ikan teri yang tertarik dengan LED warna biru bertahan lebih lama di area pencahayaan dengan rata-rata durasi respons selama 174 detik ($SD \pm 8,72$). Ikan teri bertahan di area pencahayaan LED warna putih hanya selama 96 detik ($SD \pm 12,17$) sebelum akhirnya berenang menjauhi sumber cahaya.

Jumlah ikan teri yang berkumpul di zona pencahayaan

Jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan berdasarkan zona intensitas cahaya lampu LED disajikan pada Gambar 5. Semakin rendah intensitas cahaya maka jumlah ikan yang berkumpul juga semakin kecil. Pada Zona 1 yang memiliki intensitas cahaya paling tinggi, jumlah ikan yang berkumpul dengan lampu LED putih pada menit akhir pengamatan lebih banyak (rata-rata 19 ekor) dibandingkan dengan menit awal perlakuan (rata-rata 14

Tabel 1 Sebaran intensitas cahaya (lux) pada bak pengamatan

Interval Kedalaman	LED Warna Putih			LED Warna Biru		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
D1	373	96	42	74	46	37
D2	217	81	36	62	45	36
D3	193	40	35	38	36	36
Rata-rata	261,00	72,33	37,67	58,00	42,33	36,33
SD	97,73	28,99	3,79	18,33	5,51	0,58

Keterangan:

D1 : 0-26 cm

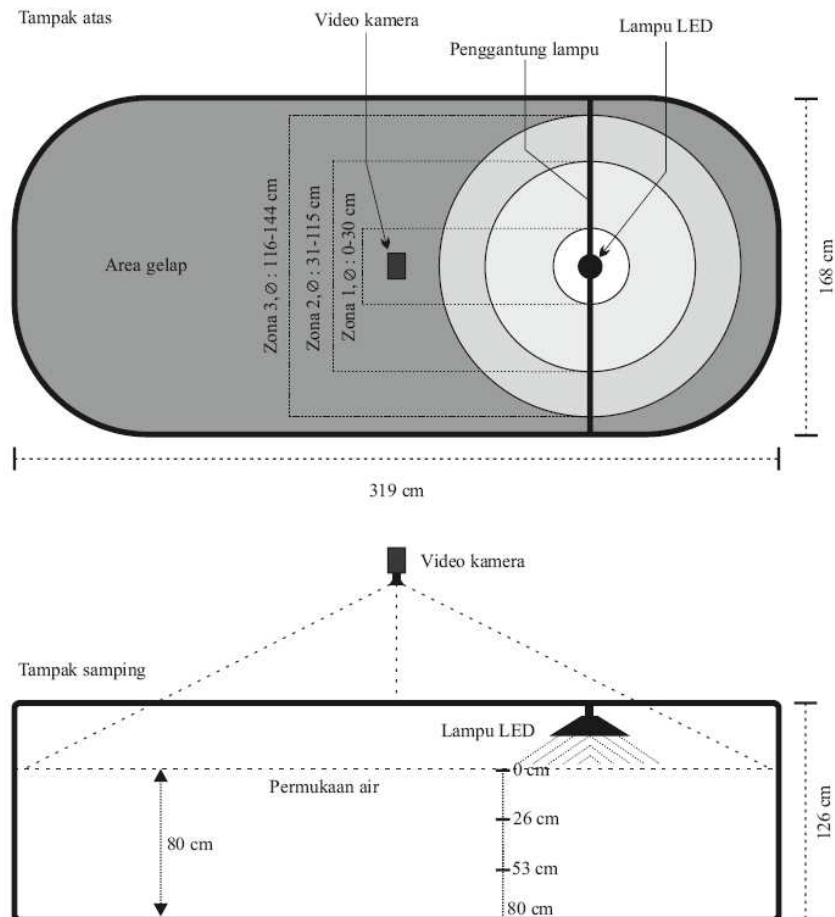
D2 : 27-53 cm

D3 : 54-80 cm

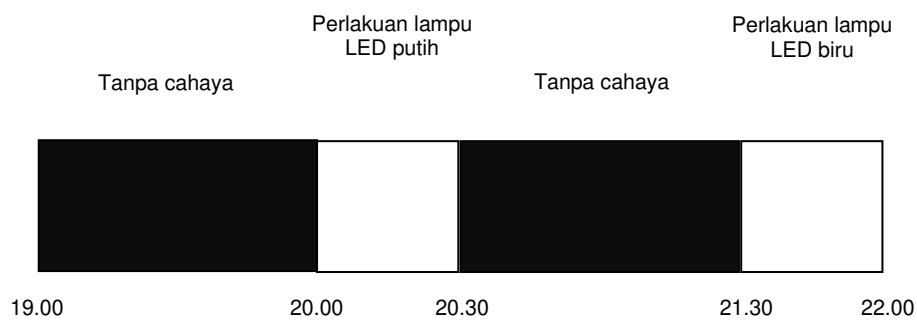
Zona 1 : diameter 0-30 cm

Zona 2 : diameter 31-115 cm

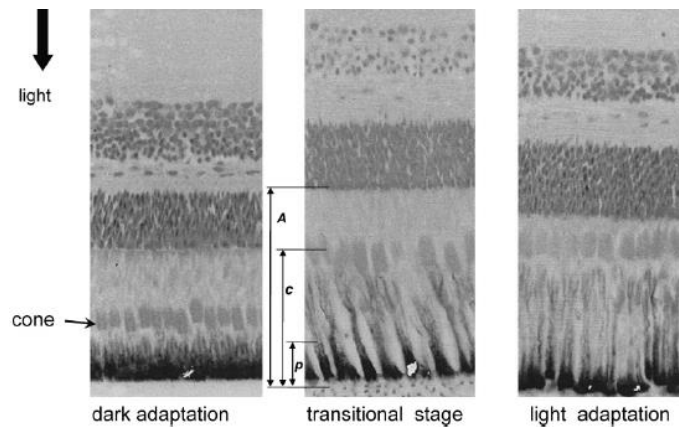
Zona 3 : diameter 116-144 cm



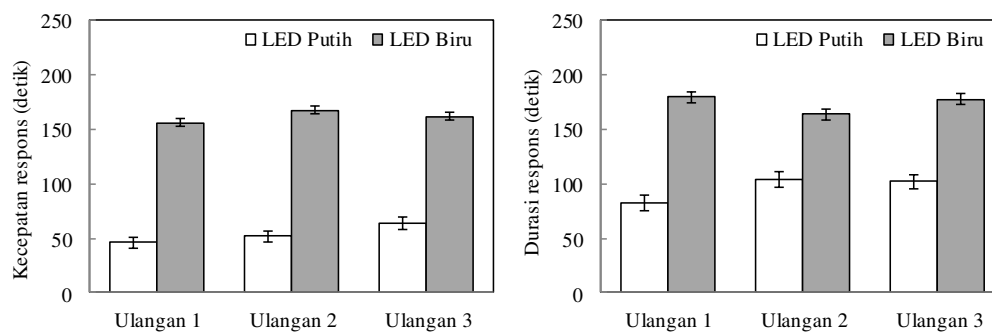
Gambar 1 Desain bak perlakuan tingkah laku ikan



Gambar 2 Lama waktu pelaksanaan penelitian tingkah laku ikan tiap perlakuan



Gambar 3 Ilustrasi perhitungan nilai indeks pigmen dan indeks kon (Arimoto *et al.* 2010)



Gambar 4 Kecepatan dan durasi respons ikan teri terhadap cahaya lampu LED

ekor). Namun demikian, jumlah ikan yang berkumpul pada setiap menit pengamatan antara LED putih dan biru tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (p value = 0,7966).

Zona 2 memiliki intensitas cahaya yang lebih rendah dari pada Zona 1 dan kondisi inilah yang diduga berpengaruh terhadap jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan. Pada waktu pengamatan yang sama, jumlah ikan yang berkumpul pada lampu LED putih lebih banyak dibandingkan dengan LED biru. Hasil uji-t juga menunjukkan bahwa warna lampu memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah ikan yang berkumpul (p value = 0,0004). Rata-rata jumlah ikan teri yang berkumpul pada menit ke 30 pada lampu LED putih sebanyak 20 ekor sedangkan pada LED biru sebanyak 16 ekor.

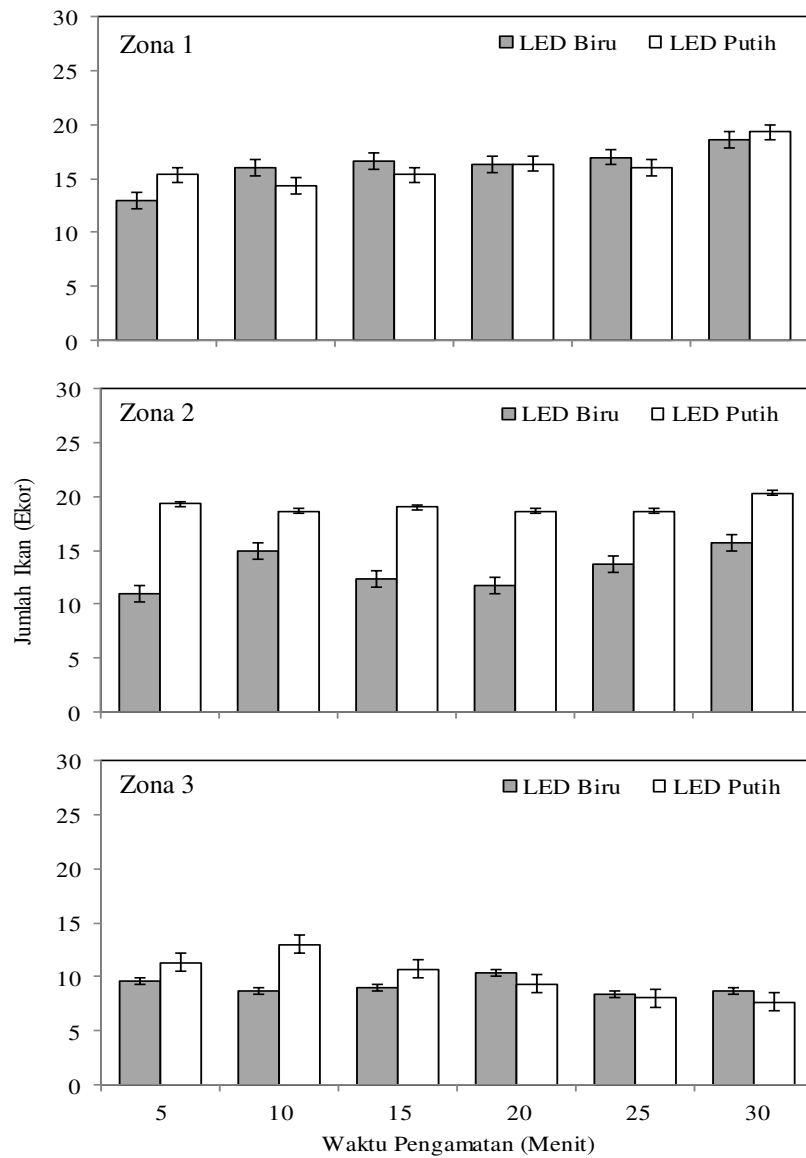
Jumlah ikan yang berkumpul pada Zona 3 merupakan yang terendah dibandingkan zona lainnya. Pada menit akhir pengamatan, jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan lebih rendah dibandingkan padamenit awal penelitian. Hasil uji-t menunjukkan bahwa pada Zona 3, warna cahaya lampu LED tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah ikan

yang berkumpul di sekitar sumber cahaya (p value= 0,3439).

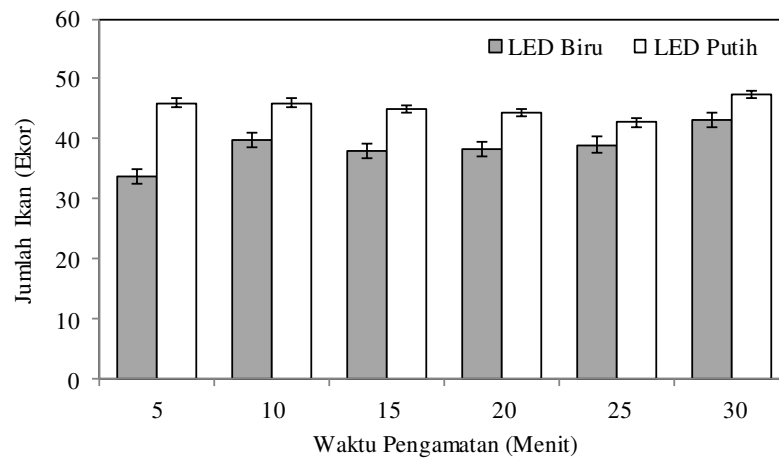
Gambar 6 menunjukkan bahwa perlakuan warna lampu LED memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan. Jumlah ikan yang merespons lampu LED biru selama pengamatan antara 34-43 ekor dengan rata-rata 39 ekor ($SD \pm 0,0141$), sedangkan pada lampu LED putih kisaran jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan adalah 43-47 ekor dengan rata-rata 45 ekor ($SD \pm 1,6147$). Hasil uji-t menunjukkan bahwa penggunaan warna LED yang berbeda berpengaruh signifikan terhadap banyaknya ikan yang berkumpul di area pencahayaan (p value= 0,0033).

Adaptasi Retina Mata Ikan

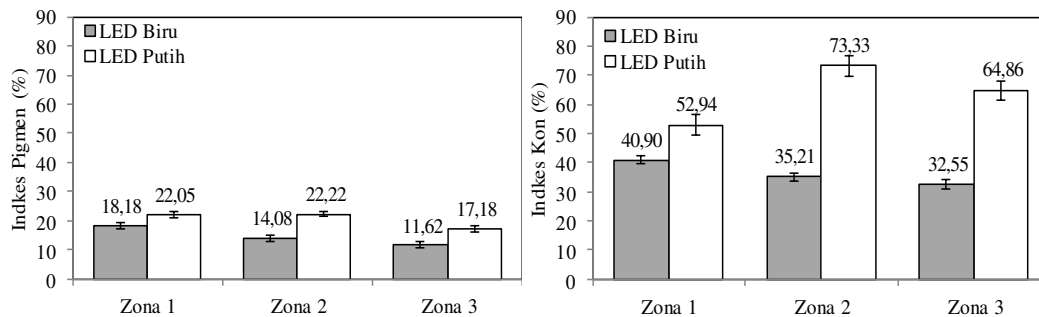
Perbedaan adaptasi retina mata ikan teri terhadap warna cahaya lampu LED yang berbeda disajikan pada Gambar 7. Nilai indeks pigmen dan indeks kon pada lampu LED putih lebih tinggi dibandingkan dengan lampu LED biru. Adaptasi sel kon tertinggi terdapat pada lampu LED putih dengan indeks pigmen sebe-



Gambar 5 Jumlah ikan yang berkumpul di area pencahayaan berdasarkan zona intensitas cahaya



Gambar 6 Jumlah ikan teri yang berkumpul di bawah masing-masing warna lampu LED Selama pengamatan



Gambar 7 Indeks pigmen dan kon pada retina mata ikan teri terhadap warna lampu LED pada zona yang berbeda

sar 22,22 % pada Zona 2 dan indeks kon 73,33 % pada zona yang sama. Perlakuan LED biru menghasilkan adaptasi tertinggi pada Zona 1 dengan nilai indeks pigmen dan indeks kon masing-masing 18,18 % dan 40,90%. Pada perlakuan lampu LED biru, semakin tinggi intensitas cahayanya maka adaptasi retina mata ikan teri semakin baik. Hal ini tidak terjadi pada lampu LED putih dimana adaptasi retina mata ikan teri yang berkumpul apada Zona 2 lebih tinggi dibandingkan dengan Zona 1 yang memiliki intensitas cahaya lebih besar.

PEMBAHASAN

Setiap spesies ikan memiliki kemampuan respons yang berbeda terhadap rangsangan cahaya lampu yang diterima. Faktor utama yang mempengaruhi kemampuan respons ikan terhadap cahaya adalah susunan sel fotoreseptor pada retina mata. Semakin kompleks dan padat jenis dan komposisi sel kon yang dimiliki, maka kemampuan adaptasi dan responnya terhadap cahaya akan semakin baik (Franckeet *et al.* 2014). Selain itu, kecepatan respons ikan juga dipengaruhi oleh karakteristik cahaya yang dipancarkan. Penggunaan lampu LED dengan warna dan intensitas berbeda akan menyebabkan kecepatan respons yang berbeda pula. Dalam penelitian ini warna putih lebih cepat direspons dibandingkan warna biru

Penggunaan lampu LED sebagai pematik ikan terus dikembangkan, terutama pada komoditas ekonomis tinggi. Respons cumi-cumi (*Todarodes pacificus*) terhadap warna lampu LED dari yang paling tinggi dan cepat adalah lampu warna biru, putih, hijau dan terakhir merah dengan panjang gelombang cahaya optimal antara 450-490 nm (Choi *et al.* 2009; Jeong *et al.* 2013). Berbeda dengan lampu listrik pendahulunya, lampu LED dapat diproduksi dengan warna dan panjang gelombang tertentu sehingga pemanfaatannya lebih luas dan lebih tepat. Penggunaan cahaya lampu LED warna

biru sangat direkomendasikan pada perikanan *squid jigging* dan hasilnya akan lebih optimal jika dikombinasikan dengan LED warna putih sehingga lebih efektif untuk menarik perhatian cumi-cumi mendekati sumber cahaya (Jeong *et al.* 2013).

Pada zona pengamatan yang sama, lampu LED putih yang digunakan memiliki intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan LED biru. Meskipun tampak sebagai cahaya putih, hasil pengukuran menunjukkan bahwa spektrum cahaya yang dihasilkan oleh lampu LED warna putih didominasi oleh panjang gelombang 454 nm dan 606 nm (kuning-biru). Respons ikan teri terhadap LED putih 3,4 kali lebih cepat dibandingkan dengan LED biru. Hal ini berkaitan dengan intensitas yang lebih tinggi dan panjang gelombang yang dipancarkan. Kondrashev *et al.* (2012) menyatakan bahwa retina ikan teri jenis *Engraulis japonicus* and *Engraulis encrasicolus* memiliki sensitivitas tinggi pada panjang gelombang cahaya 475-502 nm sehingga akan sangat responsif jika mendapatkan rangsangan cahaya pada panjang gelombang tersebut.

Kecepatan respons ikan teri terhadap cahaya putih berbanding terbalik dengan durasi ikan teri berada di area pencahayaan. Meskipun ikan teri cepat berkumpul dengan lampu LED putih, namun ikan teri juga lebih cepat meninggalkan area pencahayaan. Ikan teri bertahan 1,8 kali lebih lama di area pencahayaan lampu LED biru dibandingkan dengan LED putih. Hal ini sangat berhubungan dengan proses adaptasi sel fotoreseptor pada retina mata dan adaptasi tingkah laku ikan teri. Owen *et al.* (2010), penggunaan cahaya putih selama satu minggu pada juvenil ikan *Tinca tinca* menyebabkan kandungan kortisol yang lebih tinggi dibandingkan dengan cahaya biru. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam durasi waktu yang sama cahaya putih memicu tingkat stress yang lebih besar dibandingkan dengan cahaya biru. Perbedaan intensitas dan spektrum pan-

jang gelombang juga akan berpengaruh terhadap tingkat stress dan tingkah laku sehingga pada penggunaan cahaya biru menyebabkan ikan teri dapat bertahan lebih lama di area pencahayaan.

Intensitas dan warna cahaya memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah ikan teri yang berkumpul di area pencahayaan dengan jumlah paling tinggi terdapat pada Zona 1 yang memiliki intensitas paling tinggi. Secara keseluruhan (Zona 1 – Zona 3), lampu LED putih lebih disukai oleh ikan dibandingkan dengan lampu LED biru yang ditunjukkan oleh banyaknya ikan teri yang berkumpul pada area pencahayaan. Ketika ikan menerima rangsangan cahaya untuk pertama kali, maka pupil matanya akan mengecil untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke retina. Seiring waktu, adaptasi pupilnya terus berlangsung dan mendorong sel kon untuk beradaptasi terhadap cahaya terang yang diterimanya. Ikan akan berenang dan berkumpul di area pencahayaan dengan jarak tertentu sebagai bentuk tingkah laku dalam merespons rangsangan cahaya yang diterimanya. Durasi dan kecepatan responsnya sangat dipengaruhi oleh karakteristik cahayanya, terutama intensitas dan panjang gelombang (Ben-Yami, 1976; Freón and Misund 1999; Marchesan *et al.* 2005).

Adaptasi retina mata ikan teri terhadap LED putih lebih baik dibandingkan dengan LED biru yang ditunjukkan oleh nilai pigmen dan indeks kon yang lebih tinggi pada seluruh zona pencahayaan. Pada lampu LED biru, indeks pigmen dan indeks kon tertinggi terdapat pada Zona 1 dengan intensitas 74 lux. Meskipun demikian, nilai indeks kon selama pencahayaan 30 menit belum mencapai 50%. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan intensitas tersebut, retina mata ikan teri belum beradaptasi optimum dalam waktu 30 menit. Sebaliknya, pada LED putih, indeks kon tertinggi justru terdapat pada Zona 2 dengan intensitas 96 lux dibandingkan dengan Zona 1 yang memiliki intensitas 373 lux. Bahkan indeks kon pada Zona 1 juga lebih rendah dari Zona 3 yang memiliki intensitas hanya 42 lux. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya tidak selalu diikuti oleh peningkatan respons adaptasi retina mata ikan teri.

Intensitas cahaya yang tinggi pada LED putih akan menyebabkan ikan teri lebih cepat memberikan respons dengan berkumpul di area pencahayaan. Namun tingginya intensitas cahaya tersebut akan menyebabkan proses adaptasi retina mata ikan teri menjadi lebih cepat dan menyebabkan kejenuhan. Akibatnya, durasi respons ikan di area pencahayaan menjadi singkat dan ikan akan meninggalkan area

pencahayaan untuk mencari intensitas yang lebih sesuai. Hal ini juga didukung dengan nilai indeks kon dan pigmen pada perlakuan lampu LED warna putih yang justru menunjukkan nilai terendah pada zona dengan intensitas cahaya yang paling tinggi.

Iluminasi, tingkat radiasi (energi) dan distribusi cahaya di dalam air akan berpengaruh terhadap respon dan tingkah laku ikan yang bervariasi berdasarkan spesies dan habitat hidupnya (Arakawa *et al.* 1998; Shikata *et al.* 2011). Sudirman *et al.* (2004) menyatakan bahwa ikan teri (*Stolephorus insularis*) lebih menyukai intensitas cahaya 45 lux (indeks kon 92%) dibandingkan 35 lux (indeks kon 85%) dan 15 lux (indeks kon 63%). Hasil penelitian tersebut memperkuat hasil penelitian ini untuk lampu LED biru dimana nilai indeks kon yang diperoleh berbanding lurus dengan penambatan intensitasnya. Artinya, selama intensitas yang diberikan belum melebihi batas toleransi optimum, maka penggunaan cahaya dengan intensitas yang lebih tinggi akan memberikan pengaruh yang positif terhadap respons dan adaptasi retina mata ikan teri. Sebaliknya apabila intensitas cahaya yang diberikan melebihi batas optimum, maka ikan teri akan memberikan respons yang berbeda dan cenderung cepat mengalami kejenuhan sehingga lebih cepat pula meninggalkan area pencahayaan.

KESIMPULAN

Lampu LED putih memiliki efektivitas yang lebih baik untuk menarik perhatian ikan teri berkumpul di area pencahayaan. Intensitas lampu LED putih yang optimum adalah 42-96 lux dan memberikan adaptasi retina optimum antara 64,86-73,33%.

SARAN

Hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini perlu dilengkapi melalui penelitian lanjutan dengan perlakuan lampu LED warna putih dan biru yang diatur pada intensitas yang sama untuk mengetahui lebih detail respons dan adaptasi ikan teri terhadap cahaya lampu LED.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai pelaksanaan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Kerjasama antar Perguruan Tinggi (PEKERTI) antara Universitas Diponegoro dan

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan peneliti ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arakawa H, Choi S, Arimoto T, Nakamura Y. 1998. Relationship between Underwater Irradiance and Distribution of Japanese Common Squid Under Fishing Lights of a Squid Jigging Boat. *Fisheries Science*. 64: 553–557.
- Arimoto T, Glass CW and Zhang X. 2010. Fish Vision and Its Role in Fish Capture dalam Behavior of Marine Fishes: Capture Processes and Conservation Challenges. He P, editor. Iowa (USA): Blackwell Scientific. p 25-44.
- Ben-Yami M. 1976. Fishing with Light: FAO Fishing Manuals. Fishing News Book Ltd, England, 121 pp.
- Choi JS, Choi SK, Kim SJ, Kil GS, Choi CY. 2009. Photoreaction Analysis of Squids for THE development of a LED Fishing Lamp. *Proceedings of the 2nd International Conference on Maritime and Naval Science and Engineering*. 2009 Sept 24-26; Rumania. Rumania (RO): Transilvania University of Brasov. p 92-95.
- Francke M, Kreysing M, Mack A, Engelmann J, Karl A, Makarov F, Guck J, Kolle M, Wolburg H, Pusch R et al. 2014. Grouped Retinae and Tapetal Cups in Some Teleostian Fish: Occurrence, Structure, and Function. *Progress in Retinal and Eye Research*. 38:43-69. doi: 10.1016/j.preteyeres.2013.10.001.
- Freón P, Misund OA. 1999. Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment. Blackwell Science, Oxford.
- Hua LT and Xing J. 2013. Research on LED Fishing Light. *Research Journal Applied Science, Engineering and Technology*. 5: 4138-4141.
- Inada H and Arimoto T. 2007. Trends on Research and Development of Fishing Lighting Japan. *Journal Illuminating Engineering Institute of Japan*. 91: 199–209.
- Jeong H, Yoo S, Lee J, An YI. 2013. The Retinular Responses of Common Squid *Todarodes pacificus* for Energy Efficient Fishing Lamp Using LED. *Renewable Energy*. 54:101-104. doi: 10.1016/j.renene.2012.08.051
- Kondrashev SL, Gnyubkina VP, Zueva LV. 2012. Structure and Spectral Sensitivity of Photoreceptors of Two Anchovy Species: *Engraulis japonicus* and *Engraulis encrasicolus*. *Vision Research*. 68:19-27. doi: 10.1016/j.visres.2012.07.005.
- Lai MF, Anh NDG, Gao JZ, Ma HY, Lee HY. 2015. Design of Multi Segmented Freeform Lens for LED Fishing/Working Lamp with High Efficiency. *Applied Optics*. 54: 69-74. doi: 10.1364/AO.54.000E69.
- Loupatty G. 2012. Analisis Warna Cahaya Lampu Terhadap Hasil Tangkapan Ikan. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan (Brekang)*. 6(1): 47-49.
- Marchesan M, Spoto M, Verginellab L, Ferreroa EA. 2005. Behavioural Effects of Artificial Light on Fish Species of Commercial Interest. *Fisheries Research*. 73:171-185. doi: 10.1016/j.fishres.2004.12.009
- Matsui H, Takayama G, Sakurai Y. 2016. Physiological Respons of The Eye to Different Colored Light Emitting-Diodes in Japanese Flying Squid *Todarodes pacificus*. *Fisheries Science*. 82(2):303-309. doi: 10.1007/s12562-015-0965-5.
- Matsushita Y and Yamashita Y. 2012. Effect of a Stepwise Lighting Method Termed “Stage Reduced Lighting” Using LED and Metal Halide Fishing Lamps in The Japanese Common Squid Jigging Fishery. *Fisheries Science*. 78(5):977-983.
- Matsushita Y, Azuno T, Yamashita Y. 2012. Fuel Reduction in Coastal Squid Jigging Boats Equipped with Various Combinations of Conventional Metal Halide Lamps and Low-Energy LED Panels. *Fisheries Research*. 125-126:14–19.
- McHenry, M.P., Doepel, D., Onyango, B.O., Opara, U.L. 2014. Small-Scale Portable Photovoltaic Battery-LED Systems with Submersible Led Units to Replace Kerosene-Based Artisanal Fishing Lamps for Sub-Saharan African Lakes. *Renewable Energy*. 62: 276–284. doi: 10.1016/j.renene.2013.07.002.
- Owen MAG, Davies SJ, Sloman KA. 2010. Light Colour Influences The Behaviour and Stress Physiology of Captive Tench

- (*Tinca tinca*). *Review Fish Biology Fisheries*. 20: 375-380. doi: 10.1007/s11160-009-9150-1.
- Park JA, Gardner C, Jang Y-S, Chang M-I, Seo Y-I, Kim D-H. 2015. The Economic Feasibility of Light-Emitting Diode (LED) Lights for The Korean Offshore Squid-Jigging Fishery. *Ocean and Coastal Management*. 116:311-317. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.08.012.
- Shen SC, Kuo CY, Fang MC. 2013. Design and Analysis of an Underwater White LED Fish-Attracting Lamp and Its Light Propagation. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 10(183):1-10. doi: 10.5772/56126.
- Shikata T, Shima T, Inada H, Miura I, Daida N, Sadayasu K, Watanabe T. 2011. Role of Shaded Area under Squid Jigging Boat Formed by Shipboard Fishing Light in The Processes of Gathering and Capturing Japanese Common Squid, *Todarodes pacificus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 77: 53–60 (in Japanese, with English abstract).
- Shin HS, Lee J, Choi CY. 2012. Effects of LED Light Spectra on the Growth of the Yellowtail Clownfish *Amphiprion clarkii*. *Fisheries Science*. 78:549–556. doi: 10.1007/s12562-012-0482-8
- Sudirman, Baskoro MS, Purbayanto A, Monintja DR, Rismawan W, Arimoto T. 2004. Respon Retina Mata Ikan Teri (*Stolephorus insularis*) terhadap Cahaya dalam Proses Penangkapan Pada Bagan Rambo. *Jurnal Torani*. 14(3):149-157.
- Sudirman and Musbir. 2009. Impact of Light Fishing on Sustainable Fisheries in Indonesia. *International Symposium on Ocean Science, Technology and Policy of World Ocean Conference*. 2011 May 12-14; Manado, Indonesia. Manado (ID): Universitas Hasanuddin. p 1-11; [diunduh 2015 Maret 20]. Tersedia pada: http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/874/PAPER%20WOCS_UDIR%20UNHAS2009.pdf?sequence=1
- Wisudo SH, Sakai H, Takeda S, Akiyama S, Arimoto T, Takayama T. 2002. Total Lumen Estimation of Fishing Lamp by Means of Rousseau Diagram Analysis with Lux Measurement. *Fisheries Science*. 68(sup1):479-480.